

Metode pengujian kepadatan dan berat isi tanah di lapangan dengan balon karet

DAFTAR ISI

| | halaman |
|---|---------|
| DAFTAR ISI | i |
| 1. Ruang Lingkup | 1 |
| 2. Acuan | 1 |
| 3. Ringkasan Metode Pengujian | 1 |
| 4. Kegunaan | 1 |
| 5. Peralatan | 2 |
| 6. Kalibrasi | 3 |
| 7. Prosedur | 4 |
| 8. Perhitungan | 5 |
| 9. Laporan | 6 |
| Lampiran A. Daftar Istilah | 7 |
| Lampiran B. Lain-lain | 8 |
| Lampiran C. Daftar Nama dan Lembaga | 9 |

1. Ruang Lingkup

- 1.1 Metode ini mencakup penentuan kepadatan dan berat isi tanah hasil pemadatan di lapangan atau lapisan tanah yang teguh dengan menggunakan alat balon karet.
- 1.2 Metode ini cocok digunakan untuk menguji urugan tanah di lapangan atau timbunan yang dipadatkan dari bahan tanah berbutir halus atau tanah berbutir kasar yang persentase kandungan batuan dan material kasarnya relatif kecil.
- 1.3 Metode ini juga dapat digunakan untuk menentukan kepadatan dan berat isi dari tanah di lapangan yang tidak terganggu, asalkan tanah tersebut tidak mengalami deformasi karena tekanan yang bekerja selama pengujian.
- 1.4. Metode ini tidak cocok untuk tanah organik, tanah jenuh air atau sangat plastis yang akan mengalami deformasi karena tekanan yang bekerja selama pengujian ini. Metode pengujian ini memerlukan perhatian khusus dalam penggunaan pada : 1) tanah yang terdiri dari material berbutir lepas dan tidak terjaga kestabilan dinding lubang ujinya 2) tanah yang banyak mengandung material kasar melebihi 37,5 mm, 3) tanah berbutir kasar yang mempunyai angka pori tinggi, atau 4) material urugan yang mengandung partikel bersisi tajam.
- 1.5 Standar ini tidak dimaksudkan untuk menyelesaikan semua masalah-masalah keselamatan, namun jika ada, maka disesuaikan penggunaannya. Pemakai standar ini bertanggung jawab untuk menerapkan cara-cara keselamatan dan kesehatan, dan menentukan terkecil dahulu batas-batas penerapan aturan yang digunakan.

2. Acuan

- 2.1 Standar ASTM
D 653 *Terminology Relating to Soil, Rock, and Contained Fluids.*
- 2.2 SNI
SNI 03-1742-1989 Metode Pengujian Kepadatan Ringan untuk Tanah.
SNI 03-1743-1989 Metode Pengujian Kepadatan Berat untuk Tanah
SNI 03-1965-1990 Metode Pengujian Kadar Air Tanah.

3. Ringkasan Metode Pengujian

Volume dari lubang tanah yang digali ditentukan dengan volume air yang mengisi balon karet tipis dan lentur. Balon ini akan mengembang mengisi lubang tanah yang diuji. Kepadatan basah yang diuji di lapangan ditentukan dengan membagi massa tanah basah yang diambil dari hasil galian lubang dengan volume lubang. Kadar air dan kepadatan basah di tempat digunakan untuk menghitung kepadatan kering dan berat isi kering di lapangan.

4. Kegunaan

- 4.1 Metode ini dapat digunakan untuk menentukan kepadatan dan berat isi di lapangan pada timbunan tanah anorganik alami, campuran tanah - agregat, atau material lain yang sama sifat keteguhannya.
- 4.2 Metode ini dapat digunakan untuk menentukan kepadatan dan berat isi tanah yang dipadatkan pada konstruksi timbunan tanah, urugan jalan, dan urugan kembali. Metode ini sering digunakan sebagai dasar penerimaan pekerjaan pemadatan tanah yang telah dispesifikasikan atau terhadap persentase kepadatan maksimum atau berat isi tanah yang ditentukan oleh standar metode pengujian.
- 4.3 Penggunaan metode ini umumnya dibatasi untuk tanah dalam kondisi tidak jenuh dan tidak direkomendasikan untuk tanah lunak atau tanah yang mudah berubah bentuk. Tanah-tanah demikian dapat mengalami perubahan volume selama penerapan tekanan

pada saat pengujian. Metode ini tidak cocok untuk tanah yang mengandung fraksi-fraksi batuan pecah atau material-material dengan sisi tajam yang dapat menusuk balon karet sehingga bocor.

5. Peralatan

5.1 Peralatan Balon

Peralatan balon merupakan tabung yang telah dikalibrasi berisi air yang didalamnya dilengkapi dengan membran (balon karet) relatif tipis, lentur dan elastis yang didesain untuk pengukuran volume lubang uji dengan persyaratan dari metode ini. Sketsa peralatan ini dapat dilihat pada gambar 1. Alat ini harus dilengkapi dengan alat pompa tekan dan isap sehingga air dapat diisikan dan diisap dengan sempurna. Alat ini harus sedemikian sehingga berat dan ukurannya tidak menimbulkan gangguan terhadap galian dan sekitar lubang pengujian selama pelaksanaan pengujian. Alat harus dilengkapi dengan pengukur tekanan sebagai satu kesatuan atau alat lain untuk mengontrol tekanan selama kalibrasi dan pengujian. Persiapan untuk menempatkan beban pemberat harus dilakukan pada alat tersebut. Serta harus dilengkapi dengan indikator untuk menentukan volume lubang uji dengan ketelitian 1%. Membran yang lentur harus mempunyai ukuran dan bentuk sedemikian rupa sehingga dapat mengisi lubang uji secara sempurna tanpa kerutan atau lipatan bila digembungkan dalam lubang uji, dan kekuatan membran harus cukup kuat untuk menahan tekanan yang diperlukan untuk menjamin pengisian sempurna lubang uji tanpa ada air yang hilang. Pengeluaran membran dari lubang uji harus dilakukan dengan mengisap udara sehingga air kembali kedalam tabung.

Deskripsi dan syarat-syarat yang diberikan masih memiliki toleransi. Peralatan lainnya yang menggunakan membran lentur (karet) dan air yang dapat digunakan dengan memuaskan untuk mengukur volume dengan ketelitian 1% terhadap volume lubang uji pada tanah yang sesuai dengan syarat-syarat dari metode ini. Alat dan volume lubang uji yang lebih besar akan diperlukan bila ukuran partikel lebih besar dari 37,5 mm terdapat dalam material yang sedang diuji.

5.2 Plat dasar

Plat logam kaku dipasang di bawah dasar peralatan balon. Plat dasar harus mempunyai ukuran minimum dua kali diameter ukuran lubang uji untuk mencegah perubahan bentuk lubang uji sewaktu mendukung alat atau pembebanan.

5.3 Neraca

Neraca atau timbangan skala berkapasitas 10 kg dengan skala pembacaan setiap 1,0 g dan mempunyai ketelitian 2 g untuk kisaran massa dari 100 gr sampai 7000 g, dan 3 g untuk massa di atas 7000 g. Juga diperlukan neraca kapasitas 2000 g dengan skala pembacaan setiap 0,1 gr dengan ketelitian 0,1%.

5.4 Alat Pengering

Oven sesuai dengan SNI 03-1965-1990. Alat pengering lainnya dapat digunakan untuk evaluasi kadar air secara cepat jika disyaratkan (lihat butir 7.5).

5.5 Peralatan lainnya

Peralatan lain yang diperlukan : pahat, sendok, kuwas dan obeng untuk menggali lubang uji, tas plastik, ember dengan tutupnya, atau wadah tahan lembab lainnya dengan tutup yang rapi untuk menampung tanah yang diambil dari lubang uji. Sekop dengan sisi lurus untuk meratakan dan menyiapkan tempat pengujian. Kalkulator untuk menghitung, dan beban pemberat jika diperlukan.

5.6 Alat kalibrasi

Termometer dengan ketelitian 0,5 °C, plat kaca 6 mm atau lebih tebal, dan pelumas.

6. Kalibrasi

- 6.1 Amati prosedur yang digunakan dan ketelitian indikator volume pada peralatan balon dengan menggunakan peralatan tersebut untuk mengukur wadah atau cetakan yang volumenya tertentu dan dimensinya mirip dengan lubang uji yang akan digunakan di lapangan (catatan 1). Peralatan dan prosedur harus sedemikian rupa sehingga wadah dapat diukur dengan ketelitian 1 % terhadap volume sebenarnya (catatan 1). Wadah dengan volume yang berbeda-beda harus digunakan sehingga kalibrasi dari indikator volume berada pada kisaran nilai volume uji yang diperkirakan.

Catatan 1 :

Cetakan ukuran 102 dan 152 mm yang diuraikan pada metode uji SNI 03-1742-1989 dan SNI 03-1743-1989, atau cetakan lain yang disiapkan untuk mensimulasikan diameter dan volume lubang uji sebenarnya dapat digunakan. Bila beberapa set peralatan balon digunakan, atau untuk mengantisipasi penggunaan jangka panjang, disarankan untuk membuat duplikasi lubang uji sebenarnya. Hal ini dapat dilaksanakan dengan membentuk adukan keras tiruan dalam lubang uji sebenarnya pada seluruh kisaran volume, dan menggunakannya seperti bentuk cetakan beton semen portlan. Lubang uji duplikat itu harus dicetak pada permukaan bidang datar, dan setelah memindahkan adukan keras tiruan, tutup rapat-rapat hingga kedap air.

6.2 Penentuan Volume

Tentukan massa air (dalam gram) yang diperlukan untuk mengisi wadah atau lubang cetakan. Dengan menggunakan plat kaca dan lapisan pelumas tipis (jika diperlukan untuk penutupan) tentukan massa wadah atau cetakan dan plat kaca dengan tepat. Isi wadah atau cetakan dengan air, dengan perlahan-lahan geserkan plat kaca pada tempat pembukanya sehingga tidak ada gelembung udara yang terjebak dan cetakan dapat terisi air dengan sempurna. Pindahkan kelebihan air dan tentukan massa plat kaca, air, dan cetakan atau wadah secara tepat. Tentukan temperatur air. Hitung volume cetakan atau wadah sesuai dengan butir 8.1. Ulangi prosedur ini untuk setiap wadah atau cetakan sampai diperoleh 3 volume berturut-turut dengan variasi maksimum $2,8 \times 10^{-6} \text{ m}^3$. Catat rata-rata volume V_i wadah atau cetakan dari 3 percobaan. Ulangi prosedur tersebut untuk setiap wadah atau cetakan yang digunakan.

6.3 Pengujian untuk kalibrasi.

Tempatkan peralatan balon karet dan plat dasar pada permukaan rata horisontal. Berikan tekanan, lakukan pembacaan awal pada indikator volume (catatan 2). Pindahkan peralatan itu pada salah satu cetakan atau wadah yang sebelumnya telah dikalibrasi dengan permukaan atas yang horisontal. Berikan tekanan seperlunya sampai tidak ada perubahan yang ditunjukkan pada indikator volume. Tergantung dari tipe peralatan, tekanan maksimum sebesar 34,5 kPa, dan pelaksanaan kalibrasi ini mungkin memerlukan penambahan beban pada peralatan untuk menjaganya agar tidak terangkat. (catatan 3) Catat pembacaan tekanan, dan penambahan beban yang digunakan. Perbedaan antara pembacaan awal dan akhir menunjukkan volume. Tentukan volume dari wadah atau cetakan lainnya. Kalibrasi peralatan yang memuaskan dicapai bila perbedaan antara volume wadah atau cetakan yang dibaca dan yang dikalibrasi sama atau lebih kecil 1% untuk semua volume yang diukur. Pilih dan catat tekanan yang optimum untuk digunakan pada waktu pelaksanaan pengujian di lapangan.

Catatan 2 :

Sebelum pengukuran dilakukan, mungkin perlu mengembungkan balon karet dan dengan memilin, keluarkan gelembung udara yang melekat pada sisi dalam membran. Jika tabung-tabung kalibrasi atau cetakan-cetakan itu kedap udara, mungkin perlu memberi jalan keluar udara untuk mencegah kesalahan pengukuran yang disebabkan oleh terperangkapnya udara oleh membran. Salah satu mengeluarkan udara yaitu dengan menempatkan benang berdiameter kecil pada sisi dalam bagian bawah, sedikit diluar as bawah dari cetakan atau tabung kalibrasi. Ini akan memungkinkan udara yang terperangkap keluar selama pengukuran cetakan atau wadah yang di kalibrasi.

Catatan 3 :

Disarankan agar tekanan pada peralatan dijaga serendah mungkin sambil menjaga ketepatan volumenya 1%. Penggunaan tekanan yang lebih tinggi dari yang diperlukan akan memerlukan penambahan beban untuk menghindari gaya angkat pada peralatan. Kombinasi tekanan dan penambahan beban akan menimbulkan tegangan pada tanah yang tidak tertahan disekitar lubang uji, yang dapat menimbulkan deformasi.

- 6.4 Pelaksanaan kalibrasi harus dilakukan setiap tahun, atau apabila terjadi kerusakan, perbaikan atau penggantian membran dari bagian peralatan yang dapat mempengaruhi tekanan atau volume.
7. **Prosedur**
 - 7.1 Persiapkan permukaan tanah yang akan diuji sehingga cukup datar dan rata. Tergantung dari kadar air dan tekstur tanah dan permukaannya dapat diratakan dengan bulldozer atau peralatan lainnya, asalkan daerah pengujian tidak berubah bentuk, memadat, pecah, atau gangguan lainnya.
 - 7.2 Pasang plat dasar dan peralatan balon karet pada lokasi pengujian. Dengan menggunakan tekanan dan pembebanan yang sama yang ditentukan pada waktu kalibrasi peralatan, lakukan pembacaan awal pada indikator volume dan catat. Plat dasar harus tetap pada tempatnya sampai pengujian selesai.
 - 7.3 Pindahkan peralatan dari lokasi lubang uji. Dengan menggunakan sendok, trowel, dan alat lain yang perlu, gali lubang di dalam plat dasar. Lakukan dengan hati-hati dalam menggali lubang uji agar tanah sekitar bibir atas lubang tidak terganggu. Lubang uji harus mempunyai volume minimum berdasarkan pada ukuran partikel maksimum tanah yang sedang diuji, seperti yang ditunjukkan pada tabel 1. Bila bahan yang sedang diuji mengandung sedikit bahan berukuran lebih besar, dan ditemui partikel-partikel besar secara terpisah, pengujian dapat dipindahkan pada lokasi yang baru. Bila tanah ini umumnya terdiri dari ukuran partikel lebih besar dari 37,5 mm, diperlukan peralatan dan volume pengujian yang lebih besar. Volume lubang uji yang lebih besar akan meningkatkan ketelitian dan harus digunakan agar lebih praktis. Ukuran optimum lubang uji disesuaikan dengan desain peralatan dan tekanan yang digunakan. Pada umumnya, ukurannya akan mendekati ukuran yang digunakan dalam prosedur kalibrasi. Lubang uji harus dipertahankan agar mudah pelaksanaannya dan bebas dari celah-celah dan tonjolan tajam, karena dapat mempengaruhi ketelitian atau dapat merobek membran karet. Tempatkan semua tanah yang dipindahkan dari lubang uji ke dalam wadah kedap kadar air untuk penentuan massa dan kadar air (kandungan air) nantinya.
 - 7.4 Setelah lubang uji digali, tempatkan peralatan di atas plat dasar pada posisi yang sama seperti pada waktu pembacaan awal. Berikan tekanan dan beban sama dengan yang digunakan pada waktu kalibrasi, lakukan pembacaan pada indikator volume dan catat. Perbedaan pembacaan awal dan akhir merupakan volume lubang uji V_h .
 - 7.5 Tentukan massa semua tanah yang dipindahkan dari lubang uji dengan ketelitian 0,005 kg. Campur semua tanah secara sempurna dan pilih kadar air yang mewakili contoh uji dan tentukan kadar air menurut metode SNI 03-1965-1990. Metode cepat untuk

penentuan kadar air dapat digunakan untuk memperoleh nilai pendekatan yang kemudian diperiksa atau dikoreksi menurut nilai yang diperoleh sesuai dengan metode uji pada SNI 03-1965-1990.

8. Perhitungan

8.1 Hitung volume wadah atau cetakan kalibrasi sebagai berikut :

$$V = (M_2 - M_1) \times V_w$$

Keterangan :

V : adalah volume wadah atau cetakan (mL)

M₂ : adalah massa cetakan atau wadah plat, kaca, dan air (g)

M₁ : adalah massa cetakan atau wadah dan plat kaca (g)

V_w : adalah volume air per gram berdasarkan temperatur yang diambil dari tabel 2, (mL/g)

Tabel 1.

Volume Lubang Uji Minimum Berdasarkan Ukuran Partikel Maksimum *)

| Ukuran Partikel Maksimum | Volume Lubang Uji Minimum, (cm ³) |
|--------------------------|---|
| Ayakan no.4 (4,75 mm) | 1130 |
| 19,0 mm (3/4") | 1700 |
| 37,5 mm (1½") | 2840 |

*) Volume lubang uji minimum meningkat 280 cm³ untuk setiap kenaikan ukuran partikel maksimum 6,4 mm sampai ukuran 31,75 mm dan meningkat 560 cm³ untuk setiap kenaikan 6,4 mm untuk ukuran di atas 31,75 mm.

Tabel 2

Volume air per gram berdasarkan temperatur *)

| Temperatur (°C) | Volume air (mL/g) |
|-----------------|-------------------|
| 12 | 1,00048 |
| 14 | 1.00073 |
| 16 | 1.00103 |
| 18 | 1.00138 |
| 20 | 1.00177 |
| 22 | 1.00221 |
| 24 | 1.00268 |
| 26 | 1.00320 |
| 28 | 1.00375 |
| 30 | 1.00435 |
| 32 | 1.00497 |

*) Untuk nilai temperatur lainnya dapat diperoleh dari buku literatur.

- 8.2 Hitung kepadatan basah tanah di lapangan ρ_{wet} yang dipindahkan dari lubang uji sebagai berikut :

$$\rho_{wet} = \frac{M_{wet}}{1000 \times V_h}$$

Keterangan :

ρ_{wet} : adalah kepadatan basah di tempat, (Mg/m^3)

M_{wet} : adalah massa tanah berkadar air yang dipindahkan dari lubang uji, (kg)

V_h : adalah volume lubang uji, (m^3)

- 8.3 Hitung kepadatan kering di tempat ρ_d terhadap tanah sebagai berikut :

$$\rho_d = \frac{\rho_{wet}}{\left(1 + \frac{w}{100}\right)}$$

Keterangan :

ρ_d : adalah kepadatan kering di lapangan, (Mg/m^3)

ρ_{wet} : adalah kepadatan basah di lapangan, (Mg/m^3)

w : adalah kadar air tanah yang dipindahkan dari lubang uji, yaitu persentase massa air dibagi massa tanah kering dengan ketelitian 0,01.

- 8.4 Hitung berat isi kering, γ_d sebagai berikut :

$$\gamma_d = \rho_d (9,807)$$

Keterangan :

γ_d : adalah berat isi kering di lapangan, (kN/m^3)

ρ_d : adalah kepadatan kering di lapangan, (Mg/m^3)

Catatan 4 :

Berdasarkan beberapa kepadatan atau berat isi di lapangan lainnya, serta kepadatan kering maksimum di laboratorium atau berat isi seperti ditentukan menurut metode uji SNI 03-1742-1989, maka dapat ditentukan nilai kepadatan relatif dalam persen dengan membagi kepadatan kering atau berat isi di lapangan dengan kepadatan atau berat isi maksimum masing-masing, dan dikalikan dengan 100.

9. Laporan

Laporan harus mencakup informasi sebagai berikut :

9.1 Lokasi pengujian

9.2 Elevasi lokasi pengujian

9.3 Volume lubang uji, (m^3)

9.4 Kepadatan basah tanah setempat (Mg/m^3)

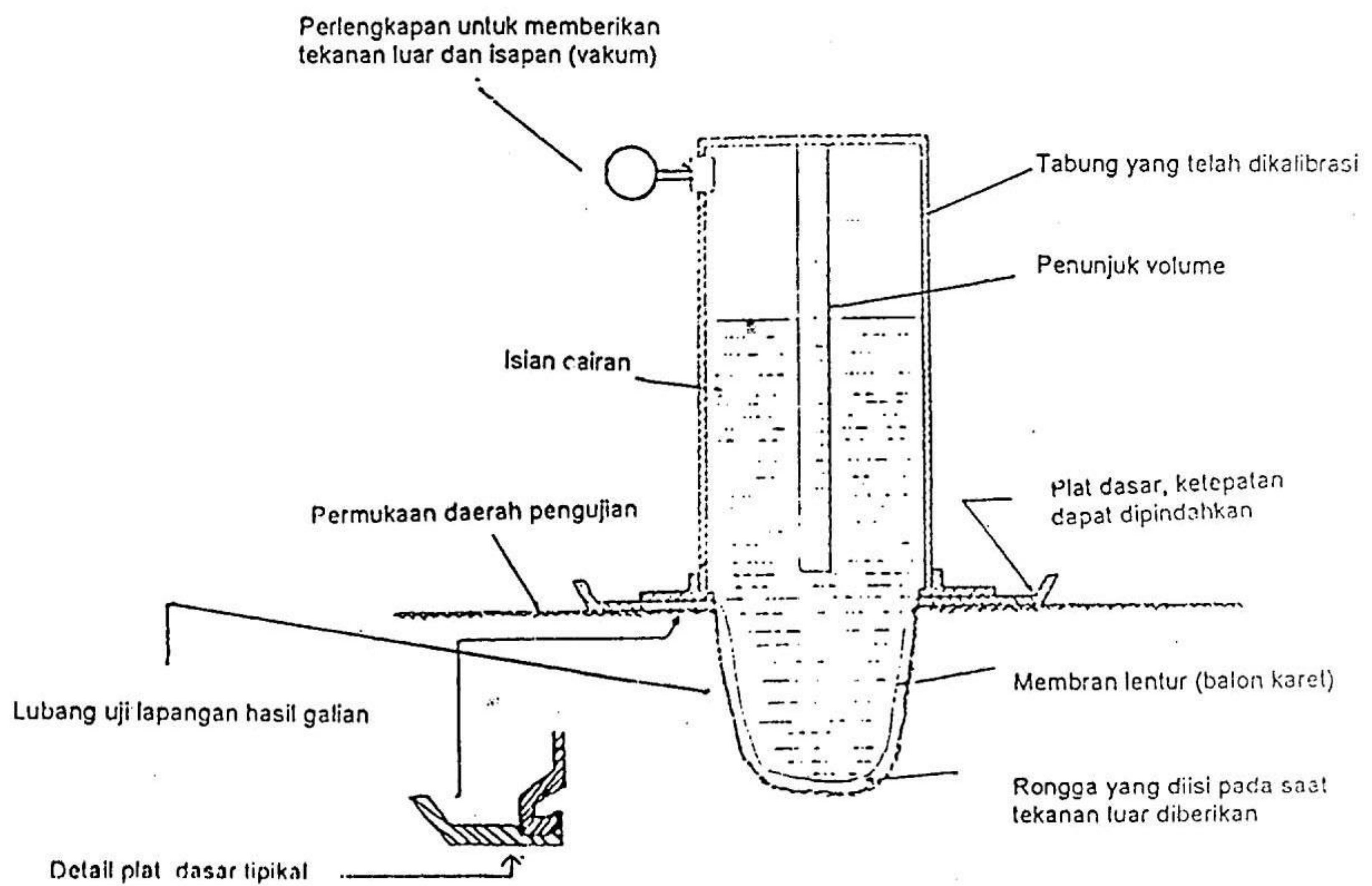
- 9.5 Kepadatan kering tanah setempat (Mg/m^3)
- 9.6 Berat isi kering di tempat (kN/m^3)
- 9.7 Kadar air pada tanah yang ditunjukkan sebagai persentase massa kering.
- 9.8 Identitas peralatan uji dan tekanan yang digunakan
- 9.9 Komentar-komentar pada saat pengujian, seperti yang dapat diterapkan
- 9.10 Deskripsi tanah secara visual
- 9.11 Jika kepadatan kering atau berat isi di tempat ditunjukkan sebagai persentase nilai yang lain, masukkan hal berikut :
 - 9.11.1 Identitas acuan metode yang digunakan
 - 9.11.2 Perbandingan kepadatan kering maksimum atau berat isi dengan kadar air optimum yang digunakan
 - 9.11.3 Koreksi untuk partikel yang melebihi ukuran dan detail-detailnya, apabila dilakukan.

Lampiran A

Daftar Istilah

| | | |
|---------------------|---|-----------------------------------|
| Balon karet | : | <i>rubber baloon</i> |
| Membran lentur | : | <i>flexible membrane</i> |
| Plat dasar | : | <i>base plate</i> |
| Alat pengering | : | <i>drying apparatus</i> |
| Adukan keras tiruan | : | <i>plaster of paris negatives</i> |
| Kedap udara | : | <i>airtight</i> |
| Kepadatan basah | : | <i>wet density</i> |
| Kepadatan kering | : | <i>dry density</i> |

Lampiran B
Lain - lain



Gambar 1
Skema yang Menunjukkan Tabung yang Telah Dikalibrasi
(tanpa skala)

Lampiran C

Daftar Nama Dan Lembaga

- 1) Pemrakarsa
Pusat Litbang Pengairan, Badan Litbang PU
- 2) Penyusun

| NAMA | LEMBAGA |
|-----------------------------------|-------------------------|
| 1. Ir. Sri Hetty Susantin, M.Eng. | Pusat Litbang Pengairan |
| 2. Cindarto, M.Sc. | Pusat Litbang Pengairan |
| 3. Eddie Sukandi, BE. | Pusat Litbang Pengairan |

3) Panitia Tetap STANDARDISASI

| JABATAN | EX-OFFICIO | N A M A |
|------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Ketua | Kepala Badan Litbang PU | Ir. J. Hendro Moeljono |
| Sekretaris | Sekretaris Badan Litbang PU | Ir. M. Anas Aly |
| Anggota | Direktur Bintek, Ditjen Pengairan | Ir. Marbuarar Napitupulu, Dipl.HE. |
| Anggota | Direktur Bintek, Ditjen Bina Marga | Dr.Ir. Patana Rantetoding, M.Eng.Sc |
| Anggota | Direktur Bintek, Ditjen Cipta Karya | Ir. Aim Abdurachim Idris, M.Sc |
| Anggota | Kepala Pusat Litbang Jalan | Ir. Frankie Tayu |
| Anggota | Kepala Pusat Litbang Pengairan | Dr.Ir. Badruddin Mahbub |
| Anggota | Kepala Pusat Litbang Pemukiman | Ir. Soepardiono Sobirin |
| Anggota | Kepala Biro Bina Sarana Perusahaan | Drs. Moh. Charis |
| Anggota | Kepala Biro Hukum | Wibisono Setio Wibowo, M.Sc |



BADAN STANDARDISASI NASIONAL - BSN
Gedung Manggala Wanabakti Blok IV Lt. 3-4
Jl. Jend. Gatot Subroto, Senayan Jakarta 10270
Telp: 021- 574 7043; Faks: 021- 5747045; e-mail : bsn@bsn.go.id